

# Definition und Klassifizierung von Energiespeichern

## Übersicht

Ohne **Energiespeicher** ist die **Energieversorgung** nahezu **unmöglich**. Sie sind **elementarer** Baustein unseres Energiesystems. Oft diskutiert wird die Rolle, die ein Speicher im Energiesystem spielt: Sind Energiespeicher Teil der Energienetze oder doch »Erzeuger« und »Verbraucher«? An welcher Stelle werden die Kosten der Speicher verortet? Zur energiewirtschaftlichen Einordnung von Speichern sind Definitionen hilfreich.

Wie Speicher und Energiespeicher **definiert**, ihr **Nutzen** erfasst und nach physikalischen, energetischen, zeitlichen, räumlichen und ökonomischen **Kriterien klassifiziert** werden kann, wird in diesem Kapitel behandelt.

## 2.1 Definition und Anwendung

2

### ■ Definitionen

Zur Beschreibung und Einordnung verschiedener Energiespeicher ist eine klare Terminologie notwendig.

#### Definition

Ein **Speicher** ist eine Einrichtung zur Bevorratung, Lagerung und Aufbewahrung von Gütern.

#### Definition

Ein **Energiespeicher** ist eine energietechnische Einrichtung, welche die drei folgenden Prozesse beinhaltet: **Einspeichern** (Laden), **Speichern** und **Ausspeichern** (Entladen).

#### Definition

Ein **Energieträger** ist ein Stoff, der Energie gespeichert hat. Er befindet sich in der Speichereinheit eines Energiespeichers.

■ Abbildung 2.1 illustriert die Definition von Energiespeichern in einfacher Weise.

### ■ Begriffe »Ein- und Ausspeichern« vs. »Laden und Entladen«

Die drei Prozesse Einspeichern, Speichern, Ausspeichern werden bei elektrischen, elektrochemischen und einigen mechanischen bzw. chemisch-stofflichen Energiespeichern auch als »Laden«, »Speichern« und »Entladen« bezeichnet. Sie sind im Zusammenhang mit Begriffen wie Selbstentladung, Entladetiefe und Entladerate praktikabler und in der Umgangssprache gängiger, während sich in der Wissenschaft die Begriffe Ein- und Ausspeichern mehr etabliert haben.

### ■ Anwendung der Definition »Energiespeicher«

Die drei Prozesse können in einem Schritt integriert werden oder separat angelegt sein.

Bei Batterien und Kondensatoren erfolgen die drei Energiewandlungs- und -speicherprozesse in

einem Bauteil: Die Elektroenergie wird elektrochemisch in der Elektrode bzw. Aktivmasse und Doppelschicht gewandelt und chemisch gespeichert.

Bei einem Pumpspeicherwerk erfolgt die Einspeicherung durch eine Pumpe, motorisch angetrieben mit Strom, die Wasser in das Oberbecken befördert. Das Oberbecken stellt mit dem Unterbecken oder Unterwasser die Speichereinheit dar. Die gespeicherte potentielle Energie hängt von der Masse des Wassers und der Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterbecken ab. Bei der Ausspeicherung fließt das Wasser vom Oberbecken durch eine Turbine samt Generator, der Strom für das Netz generiert, ins Unterwasser.

Die einzelnen Prozesse sind nicht zwingend an ein Medium, ein Bauteil oder einen Ort gebunden. Power-to-Gas Systeme bestehen beispielsweise aus einem Gasspeicher, der räumlich woanders sein kann als die Einspeichertechnologien Elektrolyse und Methanisierung oder die Gasturbine für das Ausspeichern.

Die Effizienz oder der Wirkungsgrad eines Speichers hängt davon ab, wie viele physikalische Umwandlungsschritte zwischen den drei Prozessen stattfinden.

### ■ Unterkategorien von Energiespeichern

Energiespeicher werden sowohl in primäre und sekundäre Energiespeicher als auch in sektorale und sektorenübergreifende Energiespeicher unterschieden.

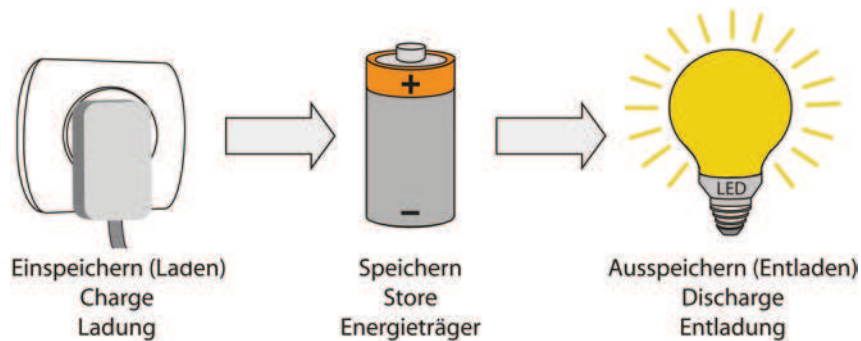
#### Definition

**Primäre Energiespeicher** sind Energiespeicher, die nur einmal geladen und entladen werden.

#### Definition

**Sekundäre Energiespeicher** sind Energiespeicher, die mehrfach geladen und entladen werden können.

Zu den primären Energiespeichern zählen vor allem Energieträger wie fossile Brenn- und Kraftstoffe, die in entsprechenden Speichereinheiten



■ **Abb. 2.1** Definition von Speichern und Energiespeichern

wie Erdöllager, Kohlehalden oder Erdgasspeichern gelagert werden. Ihre Einspeicherung erfolgte einmalig über die Photosynthese zu Biomasse und die natürliche Umformung zu fossiler Primärenergie über sehr lange Zeiträume. Die Ausspeicherung erfolgt einmalig über das Verbrennen der fossilen Energieträger in Kraftwerken, Heizungen und Fahrzeugen. Auch Einwegbatterien zählen zu den primären Energiespeichern. Sie werden Primärbatterien genannt.

Zu den sekundären Energiespeichern zählen alle »wiederaufladbaren« Energiespeicher wie Akkumulatoren (Sekundärbatterien), Pumpspeicherwerke, Druckluftspeicher, Kondensatoren, Spulen, Schwungmassenspeicher oder Speichereinheiten für (Kohlen)wasserstoffe wie Gasspeicher und Kraftstofftanks, welche über die Einspeicherung von erneuerbarer Energie über Photosynthese (Biomasse), Power-to-Gas oder Power-to-Liquids (mehrfach) gefüllt und über entsprechende Ausspeichertechnologien (mehrfach) entladen werden.

#### Definition

**Sektorale Energiespeicher** sind Energiespeicher, die rein in einem Energiesektor eingesetzt werden. Das Ein- und Ausspeichern erfolgt bidirektional im selben Sektor.

#### Definition

**Sektorenübergreifende Energiespeicher** sind Energiespeicher, die in einem oder mehreren Energiesektoren eingesetzt werden und uni- und/oder bidirektional arbeiten. Das Ein- und Ausspeichern erfolgt nicht zwangsläufig im selben Sektor.

Diese Unterteilung der Oberkategorie »Energiespeicher« in sektorale und sektorenübergreifende Energiespeicher ist für die Speicherdiskussion wesentlich und wird im Folgenden entsprechend ausführlich erörtert.

#### ■ **Sektorale Energiespeicher: Stromspeicher, Wärmespeicher, Kraftstoffspeicher, Gasspeicher**

Klassische Beispiele für sektorale Energiespeicher sind Pumpspeicher (Stromsektor), Pufferspeicher (Wärmesektor) und Kraftstofftanks (Verkehrssektor). Die Speicher sind systemintegriert und entsprechend keine Letztverbraucher im jeweiligen Energiesektor. Eine Ausnahme stellt ein **Gasspeicher** dar, der aus Sicht des Gassektors ein sektoraler Speicher ist, aber letztlich für alle drei Energieanwendungssektoren Strom, Wärme und Verkehr plus industrielle Anwendungen zum Einsatz kommt.

2

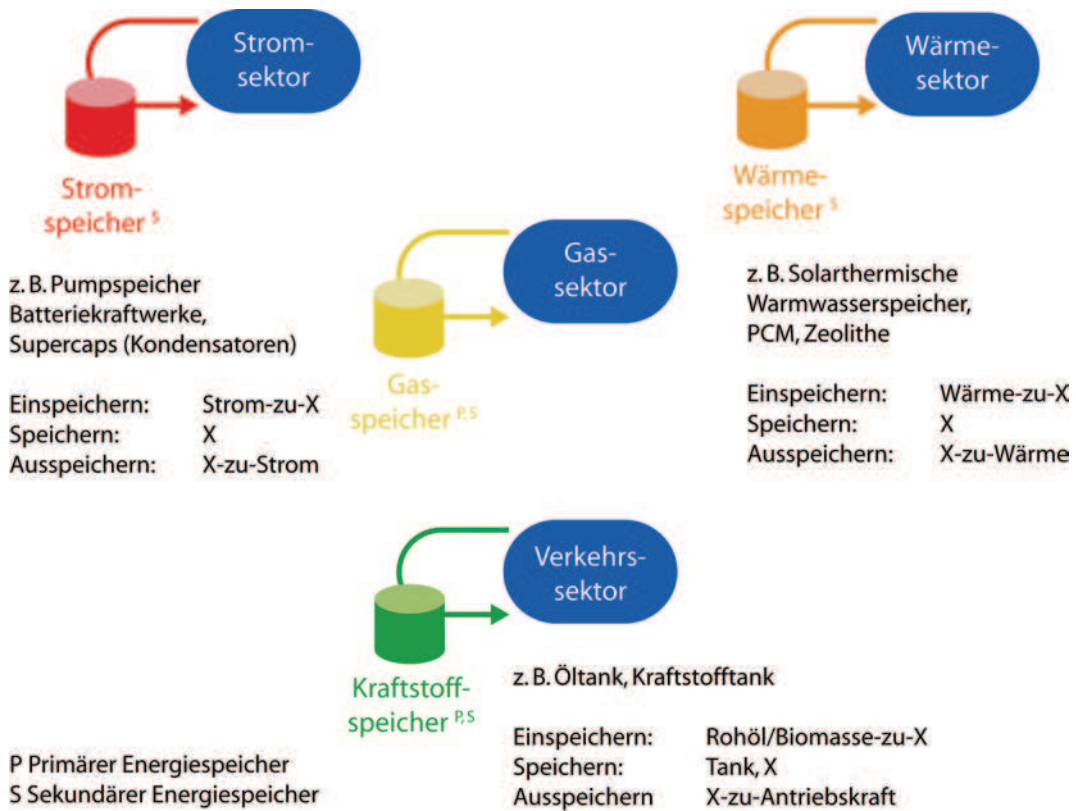


Abb. 2.2 Definition von sektoralen Energiespeichern am Beispiel von Stromspeichern, Wärmespeichern, Kraftstoffspeichern und Gasspeichern

**Stromspeicher** speichern direkt Elektroenergie elektrostatisch (Kondensatoren) oder elektromagnetisch (Spulen) (s. ► Kap. 6) oder wandeln Elektroenergie reversibel in eine beliebige andere physikalische Energieform um. Nach dem Entladen des Speichers steht wieder Elektroenergie mit einem gewissen Wirkungsgradverlust zur Verfügung (s. ■ Abb. 2.2).

**Beispiel Stromspeicher: Pumpspeicherwerk (PSW oder auch Pumpspeicher bzw. Pumpspeicherkraftwerk)**

**Einspeichern:** Elektroenergie wird durch das Pumpen von Wasser in ein Oberbecken in mechanische Lageenergie (potenzielle Energie) gewandelt.

**Speichern:** Die Potentialdifferenz des Wassers zwischen Ober- und Unterbecken stellt die gespeicherte Energie dar.

**Ausspeichern:** Die potenzielle Energie der Höhendifferenz von Wasser wird über eine Turbine in

kinetische Rotationsenergie und über den angekoppelten Generator zurück in Elektroenergie gewandelt.

**Wärmespeicher** speichern Wärme über sensible, latente oder thermochemische Wärmespeicher (s. ► Kap. 10). Analog zu Stromspeichern liegt die gespeicherte Energie wieder als Wärme vor, abzüglich der Wirkungsgradverluste (s. ■ Abb. 2.2).

**Beispiel Wärmespeicher: Solarthermische Anlage**

**Einspeichern:** In Solarkollektoren wird ein Wasser-Glykol-Gemisch durch Solarenergie erwärmt. Über einen Wärmetauscher wird die Wärme der Flüssigkeit an Wasser im Speichertank abgegeben.

**Speichern:** Die Wärme wird in der Temperaturdifferenz zwischen dem erwärmten Wasser und dem Kaltwasser als sensible Wärme in Pufferspeichern (Warmwassertanks) gespeichert.

**Ausspeichern:** Die thermische Energie des Warmwassers wird über einen Wärmetauscher geführt. Dabei wird Brauchwasser oder Heizwasser erwärmt und als Endenergie in Form von Raumwärme, Prozesswärme (z. B. Brauereien) oder schlicht als Warmwasser genutzt.

**Brenn- und Kraftstoffspeicher** speichern chemische Energie über die Lagerung von Kohlenwasserstoffen oder anderen Energieträgern (s. ► Kap. 8). Der Speicherprozess beschränkt sich auf ein Be- und Entladen von Speichereinheiten wie z. B. Tanks über geeignete Technologien wie z. B. Pumpen (s. ■ Abb. 2.2). Der eigentliche Einspeichervorgang für konventionelle Brenn- und Kraftstoffe als Energieträger und primäre Energiespeicher liegt in der Photosynthese (s. ► Abschn. 1.1.1), welche als sektorenübergreifender Speicher begriffen werden kann. Im gleichen Zug ist auch Power-to-Gas zu nennen als Nachbildung der Photosynthese und sekundärer Energiespeicher. Der Ausspeichervorgang findet meist in Verbrennungseinrichtungen unter Wandlung der chemischen Energie in thermische und mechanische Energie (Heiztherme, Verbrennungsmotor) statt.

#### **Beispiel Kraftstoffspeicher: Kraftstofftank und Rohölnutzung im Verkehr**

**Einspeichern:** Kraftstoff wird durch eine Pumpe in einen Kraftstofftank befördert. Zuvor wurde der Kraftstoff über die Photosynthese von Solarenergie gespeichert und als Biomasse oder Rohöl gefördert und zu Kraftstoff aufbereitet.

**Speichern:** Der Kraftstoff beinhaltet als Energieträger chemische Bindungsenergie und lagert im Tank.

**Ausspeichern:** Über eine Einspritzanlage wird Kraftstoff aus dem Tank in den Verbrennungsraum eines Motors gebracht und dort in thermische bzw. mechanische Energie gewandelt.

#### ■ **Sektorenübergreifende Energiespeicher: Power-to-Gas, Power-to-Heat, Power-to-Liquid, Elektromobilität**

Klassische Beispiele für sektorenübergreifende Energiespeicher sind (Nacht-)Speicherheizungen, die im Lastmanagement Strom- und Wärmesektor unidirektional miteinander verknüpfen. Die moderne Variante davon wird »Power-to-Heat« genannt und nutzt Wärmepumpen und Heizstäbe, um vorwie-

gend Wind- und Solarstrom, aber auch Regelenergie (Graustrom) in Wärme zu wandeln. Aus Perspektive des Stromsektors handelt es sich bei Power-to-Heat in allen Fällen um Letztverbraucher, da die Rückversorgung aus niederkalorischer Wärme theoretisch über z. B. ORC-Anlagen (*Organic-Rankine-Cycle*) möglich ist, aber derzeit nicht wirtschaftlich umgesetzt werden kann (s. ■ Abb. 2.3 und Abb. 2.4).

Ein Sonderfall ist auch die Technologie Power-to-Gas, bei der es sich im Wesentlichen um eine Einspeichertechnologie handelt, bestehend aus Wasserelektrolyse (s. ► Abschn. 8.2) und optionalen Synthesen (s. ► Abschn. 8.3). Erst über die Verknüpfung mit der Gasinfrastruktur kann der Energieträger Gas transportiert und gespeichert werden. Die Nutzung ist für alle Energiesektoren offen (s. ■ Abb. 2.3).

Analog zu Power-to-Heat kann Power-to-Gas durch die Verbrennung des Gases für Wärmezwecke (BHKW, Gastherme etc.) eine Brücke zwischen Strom- und Wärmesektor schlagen (s. ■ Abb. 2.3 und Abb. 2.4).

Eine Kopplung zwischen Strom- und Verkehrssektor erfolgt über Elektromobilität (derzeit unidirektional, prinzipiell auch uni- und bidirektional möglich) und **Power-to-Gas, Power-to-Liquid** oder »Power-to-Fuel« über die Nutzung von Stromkraftstoffen (unidirektional). Entsprechend agiert Power-to-Gas für den Verkehr als Letztverbraucher aus Sicht des Stromsektors, da es sich durch die fehlende Rückverstromung per Definition um kein vollständiges Stromspeichersystem (Einspeichern, Speichern, Ausspeichern) handelt (s. ■ Abb. 2.3 und Abb. 2.4).

Power-to-Gas kann auch als Stromspeicher bidirektional für den Stromsektor eingesetzt werden, wenn an die Speichereinheit Strom-zu-Gas nach Speicherung und optionalem Transport des Gases eine Rückverstromung über Ausspeichertechnologien wie Gasturbinen oder BHKW erfolgt. In diesem Fall ist Power-to-Gas kein Letztverbraucher für den Stromsektor, da die gespeicherte Energie wieder dem Stromsektor zugeführt wird (s. ■ Abb. 2.2).

#### ■ **Kombinationen von Einspeichern, Speichern und Ausspeichern**

■ Tabelle 2.1 konkretisiert die vielfältigen möglichen Kombinationen von Einspeicher-, Speicher- und Ausspeichereinheiten.

2

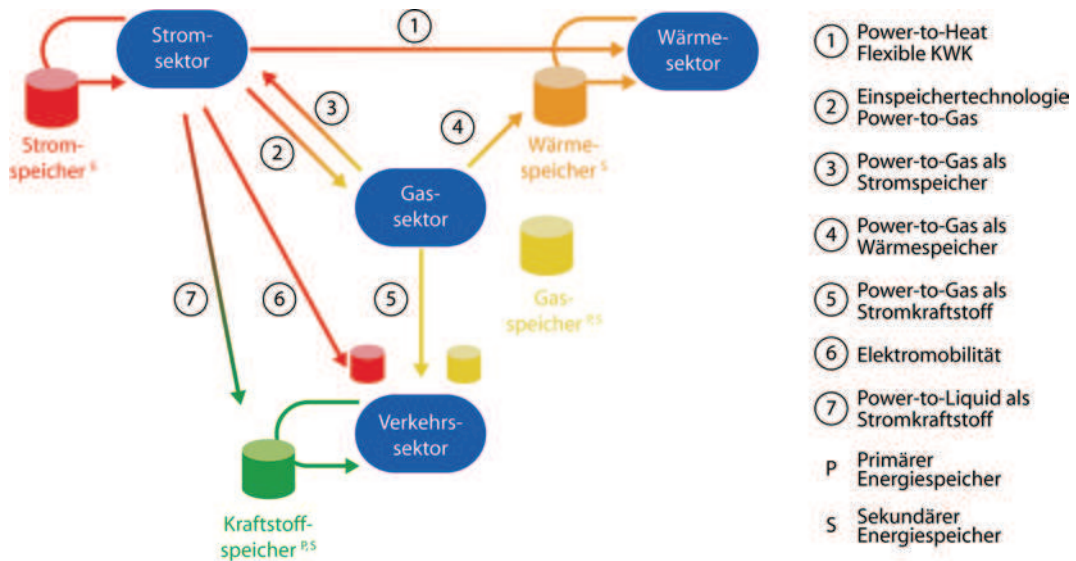


Abb. 2.3 Definition von sektorenübergreifenden Energiespeichern am Beispiel von Power-to-Heat, flexibler Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Power-to-Gas, Elektromobilität und Power-to-Liquid

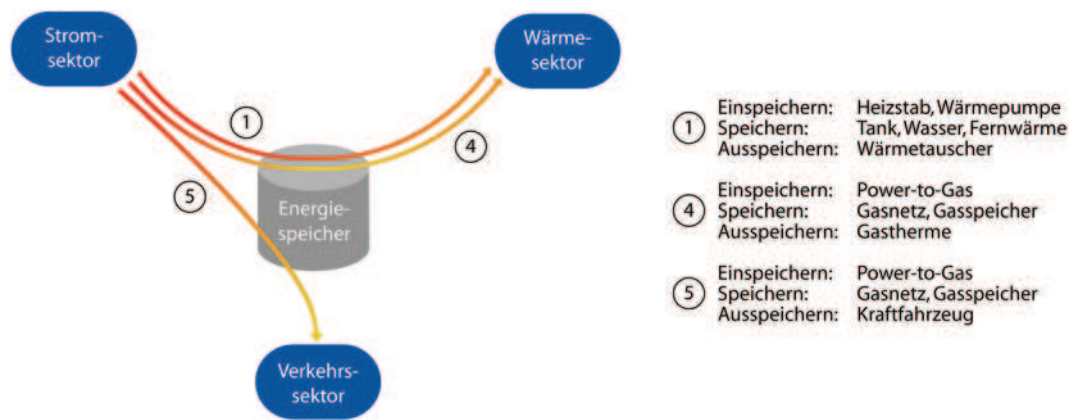


Abb. 2.4 Beispiele für sektorenübergreifende Energiespeicherung – Power-to-Heat (1): Verbindung von Strom- und Wärmesektor über elektrisches Heizen mit Wärmepumpen, Heizstäben oder Speicheröfen; Power-to-Gas für Wärme (4): Nutzung vorhandener Gasspeicher und Gasthermen zur Speicherung und Nutzung von Strom; Power-to-Gas für Kraftstoffe (5), Power-to-Liquid, Power-to-Fuel: Speicherung und Nutzung von Strom im Verkehrssektor als Stromkraftstoff



**Tab. 2.1** Beispiele verschiedene Energiespeichertechnologien und Kombinationen aus Speichereinheiten

Speicher- klasse	Speichertechno- logie	Einspeichern	Speichern	Ausspeichern	Funktion aus Sicht des Stromsektors	Funktion aus Sicht des Wärme- sektors	Funktion aus Sicht des Ver- kehrssektors
<i>Sektoral, Sektorentegriert</i>							
elektrisch	Kondensatoren	direkt	Elektrisches Feld	direkt	Stromspeicher, Kurzzeit	-	Rekuperation, Kurzzeitstrom- speicher
	Spulen	direkt	Magnetfeld	direkt	Stromspeicher, Kurzzeit	-	-
elektroche- misch	Alle Batterien außer Redox Flow	integr. el. - chem. Wandlung	Elektrode und Aktivmasse	integr. el. - chem. Wandlung	Stromspeicher, Kurz- und Langzeit	-	-
	Redox-Flow-Bat- terrie	Pumpe, Zelle	Tank, chem. Verbindungen	Pumpe, Zelle	Stromspeicher, Kurz- und Langzeit	-	-
chemisch	Kraftstoffspeicher	Pumpe, Photo- synthese	Tank, Kraftstoff, Kaverne	Pumpe, Bren- ner, Motor	-	Brennstoffspei- cher	Kraftstoffspeicher
mechanisch	Pumpspeicher	Pumpe, Motor	Oberbecken, Wasser	Turbine, Generator	Stromspeicher, Kurz- und Langzeit	-	-
	Druckluftspeicher	Kompressor, Motor	Kaverne, Rohr, Wärmespeicher	Turbine, Generator	Stromspeicher, Kurzzeit	-	-
	Lageenergiespei- cher	Pumpe, Motor	Bewegung von Granit, Gestein	Turbine, Generator	Stromspeicher, Kurz- und Langzeit	-	-
	Schwingungsmassen- speicher	Motor	Rotationsenergie	Generator	Stromspeicher, Kurzzeit	-	-
	Federenergiespei- cher	mech. Arbeit	Lageenergie	mech. Arbeit	Stromspeicher, Kurzzeit	-	Notbremse bei Energieausfall im Fahrzeug

Tab. 2.1 Fortsetzung							
Speicher-klasse	Speichertechnologie	Einspeichern	Speichern	Ausspeichern	Funktion aus Sicht des Stromsektors	Funktion aus Sicht des Wärme-sektors	Funktion aus Sicht des Ver-kehrssektors
thermisch	Warmwasserspeicher	Wärmetauscher	Tank, Wasser	Wärmetauscher	-	Wärmespeicher	-
	Latentwärmespeicher	Wärmetauscher	Phasenwechselmaterialien (PCM)	Wärmetauscher	-	Wärmespeicher	-
	Thermochemische Speicher	Chem. Energie-wandlung	Zeolithe, Tanks	Chem. Ener-giewandlung	-	Wärmespeicher	-
<i>Sektorenübergreifend, Intersektoral</i>							
elektroche-misch	Batterien Elektro-mobilität	Leistungselektro-nik, integr. el. - chem.	Elektrode	Elektromobil, Hybrid	Lastmanagement	-	Energielieferant
chemisch	Power-to-Gas Strom	Elektrolyse, Met-hanisierung	Gasnetz, Gas-speicher	GuD, Gas-turbine	Stromspeicher, Langzeit	-	-
	Power-to-Gas Wärme	Elektrolyse, Met-hanisierung	Gasnetz, Gas-speicher	Gastherme	Lastmanagement	Wärmelieferant	-
	Power-to-Gas Mobilität	Elektrolyse, Met-hanisierung	Gasnetz, Gas-speicher	Gasauto, KFZ	Lastmanagement	-	Kraftstofflieferant
	Kohlenwasser-stoffe	Photosynthese	Biomasse, fossile Energie, Gas-speicher	Verbren-nungstechnik	Stromspeicher	Wärmelieferant	Kraftstofflieferant
thermisch	Power-to-Heat	Heizstab, Wärme-pumpe	Tank, Wasser, Wärmenetz	Wärmetau-scher	Lastmanagement	Wärmelieferant	-
	Sorptionswärme-speicher	Heizstab, Wärme-pumpe	Zeolithe, etc., Tank	Wärmetau-scher	Lastmanagement	Wärmelieferant	-
mechanisch	Zugantrieb	Motor	Schwingmasse (kin. Energie)		Lastmanagement	-	Antrieb
	Bremsenergierück-gewinnung		Schwingmasse (kin. Energie)	Generator	Lastmanagement	-	Bremse



### ■ Power-to-Chemicals als Energiewandlungsprozess

In diesen Betrachtungen ist die Technologie »Power-to-Chemicals« nicht enthalten, da sie eher eine Energiewandlungs- als eine Energiespeichertechnologie darstellt. Prinzipiell kann auch die Herstellung von Grundstoffen für die chemische Industrie als Speicherprozess betrachtet werden, wenn durch den Einsatz von erneuerbaren Energien für diese Zwecke gespeicherte fossile Energie in Form von Erdgas, Erdöl oder Kohle für andere energetische Anwendungen freigesetzt wird (s. ► Abschn. 8.6 und 13.3). Analog zu Energiespeichern können auch diese Einheiten für den Stromsektor positive und negative Regelleistung zur Verfügung stellen oder im Lastmanagement eingesetzt werden. Damit können alle diese Technologien dem Stromsystem zusätzliche Flexibilität zum Ausgleich von Schwankungen in Erzeugung und Verbrauch anbieten.

## 2.2 Nutzen von Speichern

Der physikalische Nutzen von Energiespeichern besteht in der Bevorratung, Aufbewahrung und Lagerung von Energie, um einen zeitlichen Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage zu schaffen.

Dabei stehen sie grundsätzlich hinsichtlich ihrer Funktion nicht in Konkurrenz zu Energienetzen, welche für den räumlichen Ausgleich zuständig sind.

### Beispiel

Ein Beispiel aus dem **Stromsektor**: Der Einsatz von Stromspeichern wird oft argumentativ gegen den Ausbau von Stromnetzen verwendet. Dies ist nicht darstellbar, da sie grundlegend unterschiedliche Funktionen erfüllen:

#### Stromnetz: räumlicher Ausgleich

#### Stromspeicher: zeitlicher Ausgleich

Zwar kann die lokale Zwischenspeicherung von Strom am Ort der Stromerzeugung oder Ort des Stromverbrauchs Netzengpässe vermeiden helfen, wenn ihr Einsatz netzdienlich erfolgt und nicht marktgetrieben. Stromspeicher ersetzen aber nicht den räumlichen Ausgleich.

Einzig Power-to-Gas spielt eine Sonderrolle: Durch die Speicherung von Strom in Form von Gas in der Gasinfrastruktur kann Strom nicht nur zeitlich verlagert, sondern auch über das Gasnetz transportiert und somit räumlich verlagert werden.

Speicher können als Flexibilitätsoption Schwankungen ausgleichen. Sie können Überschüsse aufnehmen und Defizite (auch Versorgungslücken, Unterschüsse) decken. Letzteres spielt vor allem in der Strom- und Wärmeversorgung eine wichtige Rolle. Solarthermische Anlagen erzeugen nur selten dann Wärme, wenn sie als Warmwasser oder Heizwärme auch gebraucht wird. Warmwasserspeicher nehmen die Überschüsse auf und gleichen die Defizite zu einem späteren Zeitpunkt (abends, in der Nacht) aus, soweit die Speichergöße reicht und die gespeicherte Energie bei gegebener Selbstentladung gehalten werden kann.

Durch Energiespeicher ist es möglich, dem elektrischen Netz positive sowie negative Regel- und Ausgleichsenergie (Reservemärkte und Erzeugungsausgleich) zur Verfügung zu stellen. Dies stellt den elektrischen Nutzen von Speichern dar. Das Abregeln von Wind- und Photovoltaikanlagen wird dadurch vermindert und die klimafreundliche Energie kann genutzt werden.

Speicher werden aber nicht nur für erneuerbare Energie, sondern auch für die konventionelle Stromerzeugung eingesetzt. Pumpspeicher, Druckluftkraftwerke und Speicheröfen dienen lange dazu, die »Stromüberschüsse« in der Nacht in die Lastspitzen des Tages zu verlagern. Dadurch können Grundlastkraftwerke wie Atom- und Braunkohlekraftwerke technisch einfacher und wirtschaftlicher im Optimum betrieben werden und entsprechend sogar geringere spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kWh Strom erzielen. Der Nachteil in der höheren Auslastung von Kraftwerken zur Grundlastdeckung durch Speicher liegt in den höheren Mengen an atomaren und klimaschädlichen Abfällen, die in die Umwelt gelangen. Auch wenn die Kraftwerke im Optimum weniger spezifische Emissionen aufweisen, verursacht ihre Mehrein- speisung doch wiederum unter dem Strich mehr Emissionen als ohne den Einsatz von Speichern oder anderen Flexibilitäten.



■ **Abb. 2.5** Speicherstandort Etsel südwestlich von Wilhelmshafen mit 23 Rohölkavernen und 39 Gaskavernen als größter deutscher Speicherstandort für strategische Öl- und Gasreserven. (Quelle: IVG Caverns GmbH)

Der geopolitische Zweck eines Energiespeichers ist die Gewährleistung der Versorgungssicherheit. Ganz grundlegend fußt die Energieversorgung weitgehend auf biogener und fossil gespeicherter Energie (s. ► Kap. 1), weshalb zur Lagerung von Erdöl und Erdgas auch strategische Reserven in großem Umfang in Deutschland angelegt wurden. Über eine strategische Energiereserve hinaus ermöglicht die Untergrundspeicherung von Erdgas eine Entkopplung von gleichmäßigen Lieferströmen vorwiegend russischer und norwegischer Gasimporte von saisonal bedingten Bedarfsschwankungen (Winter/Sommer) sowie die Abdeckung von kurzfristigen Verbrauchsspitzen z. B. für die Verstromung von Erdgas in Gaskraftwerken und BHKW.

Ein Beispiel ist der niedersächsische Speicherstandort Etsel südwestlich von Wilhelmshafen mit derzeit 62 unterirdischen Kavernen mit

einem geometrischen Volumen von 38 Mio. m<sup>3</sup> für die Speicherung von Rohöl und Erdgas. Die Etzeler Kavernen haben eine Speicherkapazität von über 10 Mio. m<sup>3</sup> (10 Mrd. l oder 63 Mio. US-Barrel). Sie dienen der langfristigen Lagerung von Rohöl und sind Teil der strategischen Rohölreserve der Bundesrepublik sowie weiterer europäischer Staaten. Ferner dienen sie zur Deckung von Verbrauchsspitzen und Zwischenlagerung von Erdgasimporten. Derzeit können im Kavernenspeicher Etsel ca. 3,5 Mrd. Nm<sup>3</sup> Arbeitsgas in 39 Kavernen gespeichert werden, das entspricht rund 4 % des jährlichen deutschen Gasverbrauchs (s. ■ Abb. 2.5).

Die in Deutschland für Kavernenspeicher verwendeten Salzstöcke sind über 250 Mio. Jahre alt und eignen sich für diese Speicheraufgaben sehr gut (► Abschn. 8.4.1.3). Insgesamt könnten die deutschen Ölreserven als primäre Energiespeicher den